

**OPTIMASI DIAMETER JARINGAN PIPA TERBUKA
MENGUNAKAN LINEAR PROGRAMMING
(Studi Kasus pada Sub Sistem Sumber Air Banyuning
PDAM Kota Batu)**

Skripsi

Diajukan Kepada Universitas Muhammadiyah Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Akademik
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

MUHAMMAD RIZHAL FAUZI

201510340311075

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2020

LEMBAR PENGESAHAN

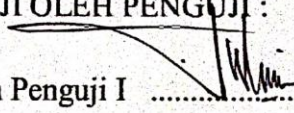
**JUDUL : OPTIMASI DIAMETER JARINGAN PIPA TERBUKA
MENGUNAKAN LINEAR PROGRAMMING (Studi Kasus
pada Sub Sistem Sumber Air Banyuning PDAM Kota Batu)**

NAMA : MUHAMMAD RIZHAL FAUZI

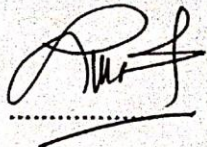
NIM : 201510340311075

PADA HARI KAMIS, 08 OKTOBER 2020, TELAH DIUJI OLEH PENGUJI :

1. Dr. Ir. Sulianto, M.T.

Dosen Penguji I 

2. Lourina Evanale Orfa, S.T., M.Eng.

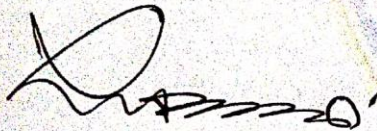
Dosen Penguji II 

Disetujui Oleh :

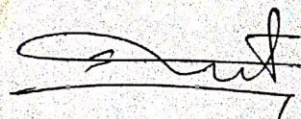
Malang, 22 Oktober 2020

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Chairil Saleh, M.T.



Ir. Ernawan Setyono, M.T.

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Rifkatul Karimah, M.T.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Rizhal Fauzi
NIM : 201510340311075
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

Tugas akhir dengan judul:

OPTIMASI DIAMETER JARINGAN PIPA TERBUKA MENGGUNAKAN LINEAR PROGRAMMING (Studi Kasus pada Sub Sistem Sumber Air Banyuning PDAM Kota Batu) adalah hasil karya sendiri dan dalam naskah ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya orang lain, baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan atau daftar pustaka.


Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya dan apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia mendapat sanksi akademis.

Malang,.....2020

Yang Menyatakan




Muhammad Rizhal Fauzi

The logo of Universitas Muhammadiyah Malang is a large, light gray watermark in the background. It is a pentagonal shield shape. Inside the shield, there is a central sunburst or star-like emblem. The words "UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH" are written in an arc across the top, and "MALANG" is written in an arc across the bottom. There are also decorative floral and leaf motifs within the shield.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya Bapak Mujianto dan Ibu Kipmatul Rosita, adik saya Finda dan sahabat saya Intan, Moci, Bagas, Nizar, Rifan, Teknik Sipil B 2015 UMM dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungan dan bantuan kalian. Kalian sangat berarti.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar

Shalawat serta salam tak lupa kita curahkan pada junjungan dan panutan kita, Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita menuju jalan yang diridhoi-Nya

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat dari mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang untuk mencapai gelar sarjana di proram studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada ;

1. Bapak Dr. Fauzan, M.Pd., selaku Rektor dari Universitas Muhammadiyah Malang
2. Bapak Dr. Ahmad Mubin, ST., MT. , selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang
3. Ibu Ir. Rofikatul Karimah, MT , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
4. Bapak Ir. Chairil Saleh, MT , selaku Dosen pembimbing I yang telah banyak mengajarkan, memberi masukan dan arahan yang bermanfaat serta kesabaran beliau dalam membimbing penulis.
5. Bapak Ir. Ernawan Setyono, MT , selaku Dosen pembimbing II yang telah menguatkan dan mengajarkan betapa perlunya kesabaran dan terus belajar untuk memahami konsep dan materi yang akan penulis angkat di

Tugas Akhir, serta ilmu, arahan dan nasihat yang membangun dan bermanfaat.

6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil yang selama ini telah berkorban untuk memberikan ilmunya kepada penulis dari awal memasuki bangku perkuliahan hingga akhir masa studi penulis.
7. Kepada kedua orang tua dan keluarga saya yang selalu memberi semangat dan doa yang tiada hentinya.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas semuanya hingga sampai saat ini, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya, serta bisa dijadikan bahan studi atau referensi kedepannya. Penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat dan berguna untuk khalayak umum.

Wassalamu'alaikum Wa Rahmatullahi Wa Barakatuh

Malang,.....2020

Penulis

Optimasi Diameter Jaringan Pipa Terbuka Menggunakan Linear Programming (Studi Kasus pada Sub Sistem Sumber Air Banyuning PDAM Kota Batu)

Muhammad Rizhal Fauzi¹, Chairil Saleh², Ernawan Setyono³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

Jalan Raya Tlogomas No. 246 Malang 65144

Email: Rizhal.prikitiw@gmail.com

ABSTRAK

Perhitungan manual mencari diameter optimal jaringan pipa akan sangat menyulitkan. Untuk mencari diameter optimal jaringan pipa dapat digunakan berbagai metode. Metode yang bisa digunakan adalah metode linear programming. Optimasi menggunakan metode linear programming adalah penyelesaian persoalan optimasi yang diselesaikan dengan cara mengubah masalah kedalam bentuk persamaan matematika. Linear Programming diharapkan mampu meminimasi biaya investasi namun tetap dalam batas ijin tekanan. Penyelesaian masalah optimasi pada sub sistem sumber air Banyuning menghasilkan jaringan dengan beberapa diameter baru yang telah optimal dengan nilai maksimal sebesar 10 inchi dan nilai minimal sebesar 2 inchi. Optimasi diameter pipa telah mampu meminimasi biaya investasi jaringan pipa dari Rp 9.443.692.371,- menjadi Rp 7.537.060.061,-.

Kata Kunci : Diameter, Linear Programming, Jaringan Pipa, Optimasi

***Optimization of Open Pipe Network Diameter Using Linear
Programming (Case Study on the Banyuning Water Source Sub
System PDAM Batu City)***

Muhammad Rizhal Fauzi¹, Chairil Saleh², Ernawan Setyono³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

Jalan Raya Tlogomas No. 246 Malang 65144

Email: Rizhal.prikitiw@gmail.com

ABSTRACT

Manual calculations to find the optimal diameter of the pipe network will be very difficult. Various methods can be used to find the optimal diameter of the pipe network. The method that can be used is the linear programming method. Optimization using the linear programming method is solving optimization problems that are solved by changing the problem into a mathematical equation. Linear Programming is expected to be able to minimize investment costs while remaining within the pressure permit limit. The solution to the optimization problem in the Banyuning water source sub system produces a network with several new optimal diameters with a maximum value of 10 inches and a minimum value of 2 inches. Optimization of pipe diameter has been able to minimize the investment cost of the pipeline network from Rp 9,443,692,371 to Rp 7,537,060,061.

Keywords: Diameter, Linear Programming, Pipe Network, Optimization

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Studi.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Air Bersih.....	4
2.2 Kebutuhan Air.....	4
2.2.1 Menghitung Proyeksi Kebutuhan Air Bersih.....	5
2.3 Asal Mula Air atau Sumber Air	6
2.4 Sistem jaringan Pipa.....	7
2.4.1 Jenis Pipa dalam Sistem Penyediaan Air	7
2.4.2 Sistem Aliran pada Pipa.....	8
2.4.3 Sistem jaringan Perpipaan.....	9
2.5 Aliran yang Melalui Pipa	11
2.5.1 Debit Aliran pada Pipa.....	11

2.6 Kehilangan Tekanan atau Kehilangan Energi dalam Jaringan Pipa	13
2.7 Optimasi Menggunakan Program Linear	15
2.7.1 Persamaan Kehilangan Energi	16
2.8 Program Aplikasi Lindo	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Kondisi Umum Daerah Studi	28
3.2 Data-Data yang Diperlukan.....	29
3.3 Tahapan Perhitungan dan Perencanaan.....	32
3.4 Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Jaringan Pipa Existing.....	34
4.2 Penyederhanaan Jaringan Pipa Air.....	35
4.3 Perhitungan Kebutuhan Air.....	37
4.3.1 Kebutuhan Air Domestik	38
4.3.2 Kebutuhan Air Non-Domestik	46
4.4 Karakteristik Kandidat Pipa yang Akan Digunakan untuk Optimasi	51
4.5 Biaya untuk Pemasangan Sistem Jaringan Pipa.....	52
4.6 Kehilangan Tinggi Energi pada sistem Jaringan Pipa.....	55
4.7 Perumusan Sistem Persamaan Linear Programming Pada Sistem Jaringan Pipa Terbuka.....	61
4.7.1 Fungsi Tujuan.....	62
4.7.2 Fungsi Pembatas.....	64
4.7.3 Non Negativasi.....	74
4.8 Menjalankan Program Aplikasi.....	74
4.9 Pemilihan Diameter setelah Running Lindo	76
4.10 Kontrol Energi Relatif serta Energi Absolut pada Node atau Simpul	79
4.11 Kontrol Biaya Investasi dari Hasil Optimasi Diameter Pipa	81
4.12 Pembahasan.....	84
BAB V PENUTUP.....	89

5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan Air di Berbagai Jenis Kota	5
Tabel 2.2 Kriteria Pipa Transmisi dan Pipa Distribusi	11
Tabel 2.3 Nilai Kekasaran Pipa Menurut Hazen William.....	13
Tabel 2.4 Nilai kekasaran Untuk Berbagai Jenis Pipa	14
Tabel 3.1 Data Teknik Pipa PDAM Kota Batu setelah penyederhanaan.....	30
Tabel 3.2 Data Jumlah dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Batu.....	30
Tabel 3.3 Data Jumlah dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kec. Junrejo.....	31
Tabel 4.1 Data Teknik Pipa PDAM Kota Batu setelah penyederhanaan.....	36
Tabel 4.2 Data Teknik Node dan Elevasi PDAM Kota Batu setelah penyederhanaan jaringan	37
Tabel 4.3 Data Jumlah Penduduk.....	38
Tabel 4.3 Data Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Batu	39
Tabel 4.4 Data Laju Pertumbuhan Penduduk Kecamatan Junrejo	39
Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Kebutuhan Air	46
Tabel 4.6 Data Debit Kebutuhan Air tiap Elemen Pipa	50
Tabel 4.7 Kandidat Diameter Pipa	52
Tabel 4.8 AHSP Pemasangan Jaringan Sistem Perpipaan Tahun 2019.....	53
Tabel 4.9 Kehilangan Energi Tiap Elemen Pipa	57
Tabel 4.10 Kehilangan energi per satuan panjang tiap elemen pipa.....	59
Tabel 4.11 Pemilihan ukuran diameter pipa hasil Optimasi	77
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Energi Absolut dan Energi Relatif	80
Tabel 4.13 Perbandingan Biaya Investasi	82

Tabel 4.14 Debit tiap Elemen Pipa	85
-----------------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Persamaan Diagram energi pada Dua Tempat	12
Gambar 2.2 Persamaan Tinggi Energi pada Sistem Percabangan Pipa	16
Gambar 2.3 Tampilan Lindo	20
Gambar 2.4 Formulasi pada Lindo.....	23
Gambar 2.5 Menu Solve	23
Gambar 2.6 Tampilan Sensitifitas Analisis.....	25
Gambar 2.7 Tampilan Report Solusi Lindo	25
Gambar 2.8 Tampilan Perintah Report Program Lindo	26
Gambar 3.1 Skema Tahapan Studi.....	33
Gambar 4.1 Jaringan Pipa existing PDAM Kota Batu.....	34
Gambar 4.2 Hasil Penyederhanaan Jaringan Pipa PDAM Kota Batu.....	35
Gambar 4.3 Proses Input Data dan Formulasi ke dalam Aplikasi Lindo.....	75
Gambar 4.4 Status Ketika Proses Penyelesaian Masalah Sudah Optimal	75
Gambar 4.5 Skema Jaringan Setelah Proses Optimasi menggunakan Lindo....	78
Gambar 4.6 Grafik Energi Relatif Jaringan Pipa Optimal	80
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Biaya Investasi Jaringan Pipa	84

DAFTAR PUSTAKA

- Azhari, A.M Fadeli. 2018. *Optimasi Diameter Pipa Menggunakan Metode Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus: Jaringan Pipa pada Kecamatan Batu, Kota Batu)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
- Badan Pusat Statistik Kota Batu. *Kecamatan Batu Dalam Angka 2019*. Kota Batu: Badan Pusat Statistik Kota Batu.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Panduan Pendampingan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Perpipaan Berbasis Masyarakat*. Jakarta : Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Rencana Program Investigasi Jangka Menengah Bidang PU/Cipta Karya. Jakarta : Direktorat Jenderal Cipta Karya
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor: 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum
- Rega Putra Permana. 2014. Optimasi Diameter Pipa pada Sistem Jaringan Air Bersih dengan Menggunakan Linear Programming di Kecamatan Turen, Kabupaten Malang. *Jurnal Media Teknik Sipil. Volume 12 Nomor 1*: 80-90
- Sepmita, Sugiarta. 2017. *Studi Evaluasi dan Perencanaan Pengembangan Jaringan Distribusi di Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo (Studi Kasus: Cabang Sepanjang Kabupaten Sidoarjo)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
- SNI-7509-2011. (2011). *Tata Cara Perencanaan Teknik Jaringan Distribusi dan Unit Pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta : BSN.
- Sulianto. 2015. Programasi Linear untuk Pencarian Diameter Pipa Optimal pada Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih. *Jurnal Media Teknk Sipil. Volume 13 Nomor 1*: 91-98.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.



SURAT KETERANGAN LOLOS PLAGIASI

Mahasiswa/i atas nama,

Nama : MUHAMMAD RIZHAL FAUZI

NIM : 201510340311075

Telah dinyatakan memenuhi standar maksimum plagiasi dengan hasil,

BAB 1 10 % $\leq 10\%$

BAB 2 14 % $\leq 25\%$

BAB 3 27 % $\leq 35\%$

BAB 4 0 % $\leq 15\%$

BAB 5 4 % $\leq 5\%$

Naskah Publikasi 9 % $\leq 20\%$

Malang, 30/09/2020

*Surat keterangan ini digunakan untuk mendaftar
sidang Tugas Akhir*

Lintang S. Mahabella